云 南 植 物 研 究 2000，22（1）：59～64
Acta Botanica Yunnanica

绞股蓝雌雄种群觅源行为和繁殖对策比较[*]

何维明[**]，钟章成
（西南师范大学生命科学系，重庆 400715）

摘要：绞股蓝（*Gynostemma pentaphyllum*）雌雄异株，种群性比偏雄。作者利用比较生态学方法，从行为生态学角度探讨相同生境中绞股蓝雌雄种群的觅源行为和繁殖对策，得到如下初步结果和结论：(1) 绞股蓝雄性种群的主枝生物量比显著大于雌性种群，这意味着雄性种群的营养繁殖投资显著增加，而两性种群在其它结构中的生物量分配无显著差异；(2) 雌性种群的叶面积比和单位叶面积比雄性种群显著增加，这与两性种群的繁殖过程紧密相联；(3) 雌雄种群在繁殖特征方面存在明显差异；(4) 雄性种群个体间绝大多数行为特征的变异大于雌性种群；(5) 雄性种群的低消耗、高效率、高潜力以及营养繁殖投资较高可能是绞股蓝种群性比偏雄的原因之一。

关键词：绞股蓝；雌雄种群；觅源行为；繁殖对策；性比偏雄
中图分类号：Q 948.1　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：0253－2700(2000)01－0059－06

Comparative Study of Foraging Behavior and Reproductive Strategies in Female and Male Populations of *Gynostemma pentaphyllum*

HE Wei－Ming，ZHONG Zhang－Cheng
(*Dept. of Life Sciences*，*Sounthwest China Normal University*，Chongqing 400715)

Abstract：*Gynostemma pentaphyllum* is a dioecious species with male－biased sex ratio in natural condition. In this paper，the authors examined foraging behavior and reproductive strategies in the species in the same habitat based on the methods of comparative ecology. The preliminary results and conclusions are shown as follows： (1) the ratio of biomass allocation to main branch in the male population is obviously more than that in the female population，which implies the vegetative reproduction in the male population enhance greatly. In contrast，there are not much different in the ratios of biomass alocation to other parts between the populations；(2) the significant differences in specific leaf area and leaf area ratio between the female and male populations were closely related with the process of reproduction of them；(3) there were significant differences in reproductive characters between populations；(4) most of the variance coefficients in male population are more than those in female population；and (5) male－biased sex ratio amy be related with lower reproductive cost，higher reproductive efficiency and potential，and higher vegetative reproductive effort of the male

---

[*] 基金项目：国家自然科学基金重点项目“植物种群生态适应机理研究”资助（39330050）
[**] 现为中国科学院植物研究所生态学博士研究生，北京　100093
收稿日期：1998－10－15，1998－12－28 接收发表

population.

Key words: *Gynostemma pentaphyllum*; Female and male population; Foraging behavior; Reproductive strategies; Male－biased of sex ratio

自然生境中绞股蓝雌雄异株（吴征镒等，1983），性别比例偏雄。具有较高的药用价值（江苏新医学院，1985）。80 年代以来，国内对绞股蓝资源调查、植化药理、栽培抚育、收贮加工、开发利用、生态特征等进行了研究，为保护和合理利用绞股蓝资源提供了一些理论依据，但对绞股蓝雌雄种群行为特征知之甚少。近年来，行为生态学已迅速发展成生态学前沿领域，其成果不断发表在多种国际重要学术刊物（Aronson 等，1993；Delph 等，1993；den Dubbelden 等，1995；Sakai，1993）。因此，开展绞股蓝种群行为生态学研究具有一定理论和实际意义。

作者将绞股蓝雌雄植株个体集合定义为雌雄种群，理由如下：(1）种群概念的发展已超越传统种群定义，如构件种群（花种群、芽种群）（Garbutt 等，1983）；(2）雌雄植株主要以营养繁殖产生后代，维持种群繁衍；(3）雌雄植株个体集合具有种群特征。本文利用比较生态学方法，通过比较自然生境中绞股蓝雌雄种群若干行为特征，初步探讨（1）绞股蓝雌雄种群在生物量分配、形态特征和繁殖对策方面是否存在差异；(2）种群行为差异蕴含的生物学、生态学意义；(3）种群性比偏雄的行为根源。

1 材料与方法

研究材料 绞股蓝（*Gynostemma pentaphyllum*）为葫芦科绞股蓝属多年生攀援植物，是一种世界性广布种，也是该属中分布最广、变化最大的一个种，主要分布于海拔（300～3 200 m）的地区，西南地区是它分布与分化的中心（吴征镒等，1983）。常生长在林缘、路旁、沟边或疏林下，主枝攀援其它植物向上伸展或伏地生长。自然条件下性比偏雄，以营养繁殖为主。

实验设计 1996 年春在重庆缙云山，选择一个相对同质的竹林林窗（10×10 m），对其中的绞股蓝雌雄植株进行标记，并用围栏加以保护，经常除草，保证标记植株正常生长。9 月上旬（盛花期）随机收割已标记的雌雄绞股蓝各 10 株（$n=10$），用塑料袋封装迅速带回室内，测枝长（精度为 0.5 cm），数节间数，并将植株分成叶片、叶柄、卷须、主枝、花序等部分，用荷兰进口的 δ－T 面积仪测定叶面积（精度为 0.01 cm^2），用数显游标卡尺测叶柄长（精度为 0.01 mm），将称重部分放入干燥箱在 80℃ 下烘至恒重（48 h），用电子天平（精度为 0.001 g）称叶片重、叶柄重、卷须重、主枝重、花序重。

数据分析 根据所得数据计算下列指标：生物量分配比（ratio of biomass allocation，RBA）＝某一部分生物量/总生物量，节间长度（length of internodes，LI）＝主枝长/节间数，叶面积比（leaf area ratio，LAR）＝叶面积/总生物量（den Dubbleden，1994），单位叶面积（specific leaf area，SLA）＝叶面积/叶生物量（den Dubbleden，1994），单位枝长（specific branch length，SBL）＝枝长/枝生物量（den Dubbleden，1994），单位叶柄长（specific petiole length，SPL）＝叶柄长/叶柄生物量（den Dubbleden，1994），繁殖（reproductive allocation，RA）＝繁殖器官生物量/总生物量（Bazzaz 等 1992），繁殖效率指

数（reproductive efficiency index，REI）＝繁殖单元数量/总生物量（Aronson 等，1993），繁殖指数（reproductive index，RI）＝繁殖器官生物量/非繁殖器官生物量（Aronson 等，1993），繁殖比率（reproductive ratio，RR）＝总花数/总生物量（Garbutt 等，1984）。利用成组比较法（STATISTICA 软件），判断雌雄种群行为特征的差异是否显著。

2　结果

2.1　绞股蓝雌雄种群的生物量分配格局

绞股蓝雄性种群的主枝生物量比显著大于雌性种群（$p<0.01$），但在叶片生物量比、非光合器官生物量比、支持结构生物量比和叶片生物量/支持结构生物量比方面，雌雄种群间无显著差异（$p>0.01$）（表 1）。雌性种群主枝生物量比的变异大于雄性种群，而在其它生物量分配比方面恰好相反，雌雄种群的最小变异特征均为非光合器官生物量比，最大变异特征分别为主枝生物量比和叶片生物量/支持结构生物量比（表 4）。

表 1　绞股蓝雌雄种群生物量分配比较

Table 1　Comparison of biomass allocation to various structures between female and male populations of *Gynostemma pentaphyllum*

种　群 Population	叶片生物量比 RBB (g g^{-1})	非光合器官生物量比 RNOB (g g^{-1})	主枝生物量比 RMBB (g g^{-1})	支持结构生物量比 RSSB (g g^{-1})	叶片生物量/支持结构生物量 BB/SSB (g g^{-1})
雌性种群 Female population	55.35±3.77% a	44.65±2.66% a	18.57±4.02% b	28.12±2.58% a	0.96±0.20a
雄性种群 Male population	50.42±9.64% a	49.58±5.46% a	23.51±4.25% a	29.42±4.39% a	1.77±0.53a

注：相同字母表示差异不显著，不同字母表示差异显著，全文如此。数据格式为：平均值±标准差

Note：The values with the same letter are not significantly different，and vice versa. The following tables are as.

The values are means±S.D. RBB＝ratio of blade biomass，RNOB＝ratio of nonphotosynthetic orgen biomass，RMBB＝ratio of main branh biomass，RSSB＝ratio of support structure biomass.

2.2　绞股蓝雌雄种群的形态特征

绞股蓝雌雄种群的叶面积比和单位叶面积显著大于雄性种群（$p<0.01$），而在节间长度、单位枝长和单位叶柄长方面雌雄种群间无显著差异（$p>0.01$）（表 2）。雄性种群的所有形态特征变异系数均大于雌性种群，雌雄种群的最小变异特征均为节间长度，最大变异特征分别为单位枝长和单位叶柄长（表 4）。

表 2　绞股蓝雌雄种群形态特征比较

Table 2　Comparison of morphological characters in female and male population of *Gynostemma pentaphyllum*

种　群 Population	节间长度 LI (cm)	叶面积比 LAR (m^{2}kg^{-1})	单位叶面积 SLA (m^{2}kg^{-1})	单位枝长 SSL (m g^{-1})	单位叶柄长 SPL (m g^{-1})
雌性种群 Female population	4.182±0.436 a	18.41±2.97 a	33.21±4.27 a	1.64±0.32 a	5.57±0.84 a
雄性种群 Male population	4.563±0.805 a	12.63±3.66 b	25.19±5.30 b	1.51±0.38 a	4.76±1.52 a

2.3 绞股蓝雌雄种群的繁殖特征

绞股蓝雄性种群的繁殖分配、繁殖效率指数、繁殖比率和总花数显著大于雌雄种群，但雌雄种数的繁殖指数显著大于雄性种群（$p<0.01$）（表3）。除繁殖效率指数外，绞股蓝雄性种群其它繁殖特征的变异系数均大于雌性种群，雌雄种数的最小变异特征均为繁殖指数，而最大变异特征均为总花数（表4）。

表3 绞股蓝雌雄种群繁殖特征比较

Table 2 Comparison of the features of reproduction in female and male populations of *Gynostemma pentaphyllum*

种群 Population	繁殖分配 RA (g g^{-1})	繁殖效率指数 REI (No.g^{-1})	繁殖指数 RI (g g^{-1})	繁殖比率 RR (Flower No.g^{-1})	总花数 TF (No.)
雌性种群 Female population	0.16±0.04 b	0.16±0.04 b	0.56±0.05 a	0.94±0.20 b	504±185 b
雄性种群 Male population	0.20±0.06 a	0.55±0.09 a	0.34±0.05 b	2.78±0.84 a	1562±672 a

注：Note=total flowers

表4 绞股蓝种群不同特征变异系数比较

Table 4 Comparison of variance coefficients of different traits in *Gynostemma pentaphyllum*

种群 Population	叶片生物量比 RBB	非光合器官生物量比 RNOB	主枝生物量比 RMBB	支持结构生物量比 RSSB	叶片生物量/支持结构生物量 BB/SSB
雌性种群 Female population	0.07	0.06	0.22	0.07	0.21
雄性种群 Male population	0.19	0.11	0.18	0.14	0.29

种群 Population	节间长度 LI	叶面积比 LAR	单位叶面积 SLA	单位枝长 SBL	单位叶柄长 SPL
雌性种群 Female population	0.10	0.16	0.13	0.20	0.15
雄性种群 Male population	0.17	0.29	0.21	0.25	0.32

种群 Population	繁殖分配 RA	繁殖效率指数 REI	繁殖指数 RI	繁殖比率 RR	总花数 TF
雌性种群 Female population	0.25	0.25	0.09	0.21	0.37
雄性种群 Male population	0.30	0.16	0.15	0.30	0.43

3 讨论

资源分配（resource allocation）刻划有限资源在植物体不同结构和功能中的配置格局（Bazzaz 等，1992）。相同生境中，绞股蓝雄性种群在主枝投资的显著增加意味着这可能是绞股蓝种群性比偏雄的资源分配基础，因为自然条件下绞股蓝以营养繁殖为主，把较多的生物量分配到主枝，等于营养繁殖的投资增加。但在其它结构中的生物量并不随性别发生显著变化。就生物量分配的变异而言，雄性种群个体间绝大多数生物量分配指标的变异系数大于雌性种群。

形态特征（morphological characteristics）是植物适应环境的最直接表现。绞股蓝雌性种群的叶面积比和单位叶面积显著大于雄性种群，这种格局利于雌性种群增大单位生物量的有效捕获光能面积，以相同的生物量获得更多的光合有效幅射，积累更多的光合产物。因为从开花到结实，还需要大量的繁殖消耗，同时也反映了两性种群繁殖过程的差异。所以，这些形态特征的差异是同雌雄种群后期的繁殖行为密切相关的。此外，绞股蓝雄性种群个体间形态特征的变异系数均大于雌性种群。

觅源行为（foraging behavior）是植物具有的基本行为特征，是同资源获得对策相联系的一个术语（De Kroon 等，1995）。资源分配是觅源行为的基础，形态特征是具体体现，其最终目标是以最小投资获得最大收益。如植物在弱光环境中，叶片生物量分配比提高，单位叶柄长增加等。绞股蓝雌雄种群生长在同质的光资源环境中，光合能源充足，因此雌雄种群的叶片生物量比、单位枝长等特征无显著差异。但由于雌雄种群繁殖过程有别，因而在单位叶面积和叶面积比方面存在显著差异。正因如此，相同生境中的绞股蓝雌雄种群在寻找光资源方面既具有相似又存在不同。在这个意义上，绞股蓝雌雄种群的觅源行为具有灵活性。

繁殖对策（reproductive strategiess）是植物以其特有的繁殖属性去适应环境的自组织过程（何维明等，1997）。绞股蓝雄性种群的繁殖效率指数和繁殖比率显著大于雌性种群，这表明：雄性种群的潜在繁殖能力，繁殖资源使用效率较雌性种群更高。雌性种群的繁殖指数显著高于雄性种群，这意味着前者的繁殖消耗比后者大得多，即需要更多的直接繁殖消耗（direct reproductive cost）。绞股蓝为圆锥花序，用整个花序的生物量表示繁殖产量掩盖了资源在花序中的再分配，用总花数表示则较为准确，因为花是繁殖行为的直接参与者，可有效刻划繁殖产量的高低。因此，虽然绞股蓝雌雄种群生长在相同的环境条件下，但它们的繁殖对策仍然具有明显的差异，并不因环境的趋同而丧失。此外，两性种群在花序结构上也有明显差异，雌性种群的花序较雄性种群复杂，如前者的花序类型多、花序分枝复杂（野外观察结果）。以上差异表明：绞股蓝雌雄种群的繁殖对策具有明显分化。

Lovett Doust 等（1988）认为：种群性别比偏雄是雌性繁殖活动需要更多资源的结果，性比偏雄有利于种群对资源的充分利用。自然生境中，绞股蓝种群主要通过蔓生枝的不断生长产生新枝。因此，营养繁殖是绞股蓝种群天然更新的主要方式，主枝生物量比的显著提高意味着雄性种群营养繁殖功能得到加强。高效率（高繁殖效率指数）、高潜力（高繁殖比率）、低消耗（低繁殖指数）的繁殖策略有助于绞股蓝雄性种群更加经济地利用有限资源，促进种群个体数量的不断增加。所以，以上两方面很可能是绞股蓝种群性比偏雄的原因之一。但要彻底弄清绞股蓝种群性比偏雄的原因，仍需开展大量工作。

参考文献

江苏新医学院，1985. 中药大词典〔M〕. 上海：上海科学技术出版社，16～17

吴征镒，陈书坤，1983. 中国绞股蓝属的研究〔J〕. 植物分类学报，**21**（4）：355～367

何维明，钟章成，1997. 植物繁殖对策的概念及其研究内容〔J〕. 生物学杂志，**14**（6）：1～3

Aronson J，Kigel J，Shmida A，1993. Reproductive strategies in desert and Mediterranean populations of annual plants with and without water stress〔J〕. *Oecologia*，**93**（3）：336～342

Bazzaz F A，Ackerly D D，1992. Reprodutive allocation and reproductive effort In：plants，in Fenner M（ed）：Seeds：The ecology of regeneration in plant communities CAB International〔C〕，Wallingford Oxon，UK. 1～26

De Kroon H，Hutchings M J，1995. Morphological plasticity in clonal plant：The foraging concept reconsidered〔J〕. *J Eco*，**83**（1）：143～152

Delph L F，Lu Y，Jayne L D，1993. Patterns of reproductive allocation in dioecious *Carex*. *Amer J Bot*，**80**（6）：607～615

den Dubblede K，1994. Growth and allocation patterns in herbaceous climbing plants〔D〕. Ph. D. thesis，Utretch University，the Netherlands. 7～22

den Dubbelden k，Oosterbeek B，1995. The availability of external support affects allocation and morphology in herbaceous clombing plants〔J〕. *Functional Ecology*，**9**（4）：628～634

Garbutt K，Bazzaz F A，1984. The effects of elevated CO_2 on plants Ⅲ. Flower，fruit ad seed production an abortion.〔J〕*New Phytol*，**98**（3）：433～446

Lovett Doust J，Lovett H. 1988. Modules of production and reproduction in a dioecious clonal shrub *Rhus typhina*〔J〕. *Ecology*，**69**（3）：741～750

Sakai S，1993. Allocation to attractive structures in animal－pollinated flowers〔J〕. *Evolution*，**47**（6）：1711～1720